

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Problem Image Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-258650

(43)Date of publication of application : 22.09.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
C30B 7/12
G02B 6/122

(21)Application number : 11-060839

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 08.03.1999

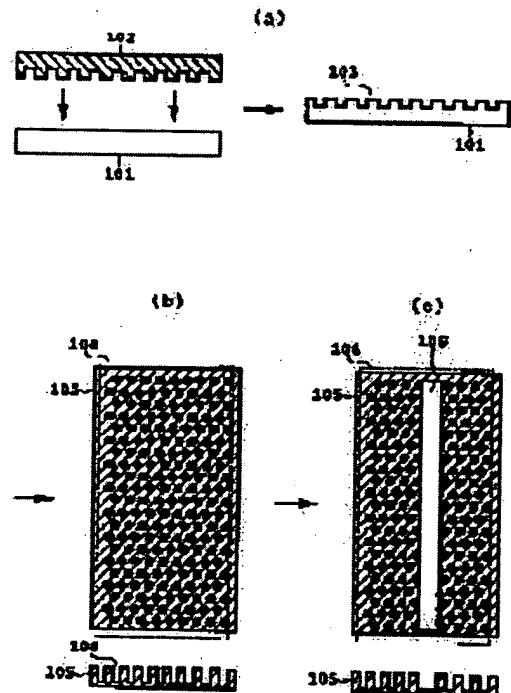
(72)Inventor : YOKOO ATSUSHI
TOMITA MASAHIKO
NOTOMI MASAYA
NAKAO MASASHI
TAMAMURA TOSHIAKI
MASUDA HIDEKI

(54) PHOTONIC CRYSTAL AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a waveguide which controls the transmission direction of light and which transmits light with little transmission loss in a photonic crystal and to provide the photonic crystal with entering and exiting ends to allow light to enter and exit with little loss.

SOLUTION: A pattern 103 of recesses and projections is formed by pressing a mold 102 on the surface of a substrate 101. Then the substrate having the pattern of recesses and projections is subjected to anodic oxidation in oxalic acid to obtain a metal oxide thin film 105 having a periodical nanohole structure 104. The metal oxide thin film 105 is irradiated with ion beams to form a groove 106 as a waveguide structure. Thus, a random hole arrangement is not formed in the center of the propagation of light. By irradiating the outer edge of the metal oxide thin film with ion beams, the entering and exiting portions for light can be formed as end faces having flatness of an optical wavelength order.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-258650

(P2000-258650A)

(43)公開日 平成12年9月22日 (2000.9.22)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/13
C 3 0 B 7/12
G 0 2 B 6/122

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 0 2 B 6/12
C 3 0 B 7/12
G 0 2 B 6/12

M 2 H 0 4 7
4 G 0 7 7
A

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全6頁)

(21)出願番号

特願平11-60839

(22)出願日

平成11年3月8日 (1999.3.8)

(71)出願人

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者

横尾 篤

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者

富田 雅人

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人

100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

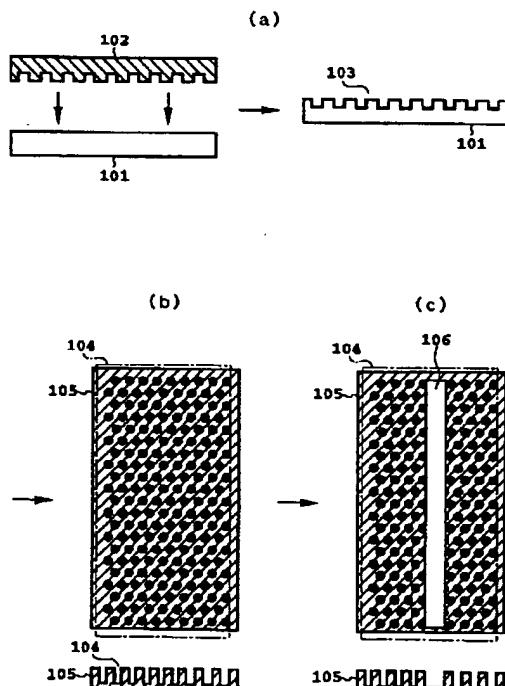
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フォトニック結晶とその作製方法

(57)【要約】

【課題】 フォトニック結晶中に光の導波方向を制御しない導波損失で光を導波させる導波路を持たせること、またフォトニック結晶に対し少ない損失で光を入出射させる光入出射端を持たせること。

【解決手段】 基板101の表面にモールド102によりプレスして凹凸パターン103を形成する。次に、その凹凸パターンを有する基板をシウ酸中で陽極酸化することにより、基板は周期的ナノホール構造104を有する金属酸化物薄膜105となる。この金属酸化物薄膜105に対してイオンビームを照射することにより、導波路構造となる溝106が形成される。これにより光の伝搬の中心部にランダムなホール配列が形成されることがない。また、この金属酸化物薄膜の外縁に対してイオンビームを照射することにより、光学波長の平坦さを有する端面による光入射出部を形成できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学波長の周期構造と光学波長の平坦さの側壁構造を有する金属酸化薄膜で作製されたことを特徴とするフォトニック結晶。

【請求項2】 前記側壁構造は少なくとも溝構造の一部であることを特徴とする請求項1に記載のフォトニック結晶。

【請求項3】 前記側壁構造は少なくとも端面構造の一部であることを特徴とする請求項1に記載のフォトニック結晶。

【請求項4】 前記金属酸化薄膜は酸化アルミニウムであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載のフォトニック結晶。

【請求項5】 前記光学波長の平坦さを有する側壁構造を、イオンビーム照射により形成する工程を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載のフォトニック結晶の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フォトニック結晶に対し、損失の小さい入出射面および導波路構造を形成する技術に関するものであり、特に高密度に集積でき、かつ挿入損失が低いフォトニック結晶とその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 微小光回路を構成する方法として、フォトニック結晶の利用がある。フォトニック結晶は周期が光の波長以下となるような、屈折率の周期構造をもった媒体であるが、規則的に繰り返される構造の中に、その周期を乱すような構造を導入すると、フォトニック結晶中で光導波路としての性質を持たせることができる。従来、フォトニック結晶中に光導波路を形成する方法として、以下のようなものがある。

【0003】 図7にナノホールアレイを有する酸化物基板からなるフォトニック結晶光学素子の従来の作製方法を示す。図7の(a)に示すように、基板701の表面にモールド(型)702をプレスすることにより表面に極めて微細な凹凸パターンを有する基板703が得られる。

【0004】 次に、図7の(b)に示すように、直流電源704と対極705を用いて、シュウ酸溶液706中で、表面に凹凸パターンを有する上記基板703を陽極酸化することにより、図7の(c)に示すような基板表面にナノホールアレイ707を有する酸化部708が形成される。このナノホールアレイ707は各ホールのピッチがほぼ数百ナノメーター(直径はその10~90%)のオーダーのものである。

【0005】 モールドによる凹凸が存在した部分ではナノホールアレイ707の穴の配列は、その凹部の部分がナノホールになるので、周期構造を有するが、モールド

による凹凸が形成されていなかった部分ではナノホールアレイ707の穴の配列は、そのナノホールが上記酸化処理工程により自然発生的に形成されるものなので、周期構造を有しない。このとき形成される穴の配列の一例を図8に黒丸で示す。上記酸化処理工程により基板703の表面には、上記周期構造を有する部分801および上記周期構造を有しない部分802が形成される。周期構造を有しない部分802に沿って、光は図8の矢印803の方向に進み、これによりフォトニック結晶中で光の伝搬方向を制御することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 フォトニック結晶中で光回路を形成し、光信号処理素子や光記憶素子などの光学素子に応用するためには、フォトニック結晶中で光の導波方向を制御し、かつ少ない導波損失で光を導波させる必要がある。しかしながら、図7で示した従来の作製法によっては、ランダムに形成したホール配列部(図8の802)が光の導波方向を決定するが、光の伝搬の中心部にランダムなホール配列が形成されているため、散乱の原因となり、低損失な伝搬ができないという解決すべき課題がある。

【0007】 また、図7の(c)に示すようなナノホールアレイを有する酸化物基板からなるフォトニック結晶に対して、一般的な反応性イオンエッティングにより基板中の溝構造による導波路を形成しようとしても、酸化物基板は反応性イオンエッティングに対する耐性が大きいため、反応性イオンエッティングの際、目的の場所だけをエッティングするために、それ以外の場所に形成する皮膜を犯さない条件で、酸化物基板だけをエッティングすることが不可能であり、光学波長の平坦さが実現できないので、導波路とすることが不可能であった。さらに、酸化物基板は劈開面を持たないので、従来半導体素子で行われている様に劈開によって光学波長の平坦さを有する端面による光入射出部を形成できなかった。

【0008】 そこで、本発明の目的は、フォトニック結晶中に光の導波方向を制御し、かつ少ない導波損失で光を導波させる導波路を持たせること、また、フォトニック結晶に対し少ない損失で光を入出射させる光入出射端を持たせること、およびそれら構造の作製技術を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1のフォトニック結晶の発明は、光学波長の周期構造と光学波長の平坦さの側壁構造を有する金属酸化薄膜で作製されたことを特徴とする。

【0010】 ここで、好ましくは、前記側壁構造は少なくとも溝構造の一部である。

【0011】 また、好ましくは、前記側壁構造は少なくとも端面構造の一部である。

【0012】 更に好ましくは、前記金属酸化薄膜は酸化

アルミニウムである。

【0013】上記目的を達成するため。請求項5のフォトニック結晶の作製方法の発明は、前記光学波長の平坦さを有する側壁構造を、イオンビーム照射により形成する工程を有することを特徴とする。

【0014】

【作用】上記のように、請求項1～3に係る発明は、周期構造を有する金属酸化物薄膜中に光学波長の平坦さを有する側壁により溝構造もしくは端面を形成することを特徴とする。

【0015】また、請求項5に係る発明は、周期構造を有する金属酸化物薄膜をイオンビームにより加工する工程を有することを特徴とする。

【0016】本願発明者らは、周期構造を有する酸化物薄膜をイオンビームにより加工することにより、酸化物薄膜中に溝構造を形成させることができることを見出した。さらに、本願発明者らは、この溝構造がフォトニック結晶中における導波路としての特性を示すことを見出した。従って、上記の加工方法で酸化物薄膜の一部分に溝構造を形成することにより、フォトニック結晶中に導波路を形成することができる。また、本願発明者らは、周期構造を有する酸化物薄膜をイオンビームにより加工することにより、波長オーダーで平坦な端面を5mm以上の長さにわたり形成することができる。さらに、本願発明者らは、周期構造を有する酸化物薄膜の外縁に端面を形成することにより、フォトニック結晶に入出射面を形成することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0018】本願発明者らはモールドを用いてアルミニウム基板上にパターンをプレスした後に、陽極酸化することにより作製された、周期構造を有する酸化アルミニウム薄膜においても、イオンビームにより加工することにより、酸化アルミニウム薄膜中に溝構造を形成させることができることを見出した。さらに、本願発明者らはこの溝構造がフォトニック結晶中における導波路としての特性を示すことを見出した。

【0019】従って、上記イオンビームによる加工方法を用いて上記酸化アルミニウム薄膜の一部分に溝構造を形成することにより、フォトニック結晶中に導波路を形成することができ、さらに、上記イオンビームによる加工方法を用いて上記酸化アルミニウム薄膜の外縁に端面を形成することにより、フォトニック結晶に入出射面を形成することができる。

【0020】図1は本発明を適用した導波路構造を有するフォトニック結晶の実施形態の一例を模式的に示す。まず、図1の(a)において、前述の従来例と同様に、基板101の表面にモールド102によりプレスして凹凸パターン103を形成する。

【0021】次に、図7の(b)で示した従来例と同様に、その凹凸パターン103を有する基板101をシュウ酸中で陽極酸化することにより、図1の(b)に示すように、基板101は周期的ナノホール構造104を有する金属酸化物薄膜105となる。なお、図1の(b)においてナノホール構造104の各ホールは黒丸で示し、金属酸化物薄膜105は斜線で示す。

【0022】この金属酸化物薄膜105に対して所望位置にイオンビームを照射することにより、図1の(c)に示すように、溝106が形成される。

【0023】図2は本発明を適用した端面構造を有するフォトニック結晶の実施形態の一例を模式的に示す。まず、図2の(a)において、基板201の表面にモールド202によりプレスして凹凸パターン203を形成する。

【0024】次に、その凹凸パターン103を有する基板201をシュウ酸中で陽極酸化することにより、図2の(b)に示すように、基板201は周期的ナノホール構造204を有する金属酸化物薄膜205となる。なお、図2の(b)においてナノホール構造204の各ホールは黒丸で示し、金属酸化物薄膜205は斜線で示す。

【0025】この金属酸化物薄膜205の外縁206に對してイオンビームを照射することにより、端面207が形成される。

【0026】本発明の実施形態の各例において用いられる金属もしくは半導体からなる基板としては、アルミニウム、Si、InP、GaAs等がある。また、本実施形態の例において用いられるモールドには、SiCモールド、Ti：ステンレスモールド等がある。

【0027】本発明の技術は、微小光回路からなる光信号処理素子や光記憶素子などの光学素子への応用が期待されながら、光の導波方向の制御や、少ない導波損失の実現が困難であったフォトニック結晶素子の作製にとくに有効である。

【0028】

【実施例】次に、本発明による実施例を具体的に説明する。第1実施例は上述の図1、第2実施例は上述の図2に示す方法による。

【0029】(第1実施例)図1の基板101として、直径100mm、厚さ1mmのアルミ板を用いた。このアルミ板表面にSiCモールド102をプレスすることにより微細な凹凸パターンを転写し、図7の(b)と同様に、シュウ酸溶液中で陽極酸化した。これにより、周期的ナノホール構造104を有するアルミナ膜105が形成された。アルミニウムの酸化により形成されたアルミナ膜105の厚みは10μm、ナノホール構造104のピッチは200nm、ホール直径は80nmであった。このようにして得られたアルミナ基板の構造を図3に示す。図3の(a)はそのアルミナ基板の上面図、図3の

(b) はそのアルミナ基板の断面図である。

【0030】このアルミナ基板に対しガリウムイオンビームを照射することにより、周期的ナノホール構造中に溝106が形成された。ガリウムイオンビームの照射は、加速電圧30kV、電流量1nA、長さ100μm当たりの照射時間を1時間として行った。溝106の幅は300nm、長さは4mm、深さは10μmであった。このようにして得られた構造の上面図および断面図を図4の(a)、(b)に示す。

【0031】さらに、加速電圧30kV、電流量5nA、長さ100μm当たりの照射時間を0.5時間とする照射条件により、幅1μm、長さ5mm、深さ8μmの溝を形成できることを確認した。

【0032】(第2実施例)図2の基板201として、直径100mm、厚さ1mmのアルミ板を用いた。このアルミ板表面にSiCモールド202をプレスすることにより微細な凹凸パターンを転写し、図7の(b)と同様に、シュウ酸溶液中で陽極酸化した。これにより周期的ナノホール構造204を有するアルミナ膜205が形成された。アルミの酸化により形成されたアルミナ膜205の厚みは5μm、ナノホール構造204のピッチは300nm、ホール直径は80nmであった。このようにして得られたアルミナ基板の構造を図5に示す。図5の(a)はそのアルミナ基板の上面図、図5の(b)はそのアルミナ基板の断面図である。

【0033】このアルミナ基板の外縁206に対してガリウムイオンビームを照射することにより、端面207が形成された。ガリウムイオンビームの照射は、加速電圧30kV、電流量1nA、長さ100μm当たりの照射時間を0.5時間として行った。端面207の幅は5μm、長さ5mm、深さは10μmであった。このようにして作製されたフォトニック結晶の上面図と断面図を図6の(a)、(b)に示す。

【0034】さらに、加速電圧30kV、電流量10nA、長さ100μm当たりの照射時間を0.5時間とする照射条件により、幅5μm、長さ5mm、深さ10μmの端面を形成できることを確認した。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、金属もしくは半導体からなる基板の表面に一部分にパターンをプレスし、陽極酸化することにより作製された、周期的ナノホール構造を有する金属酸化物表面を、イオンビームにより加工することにより導波路構造をもたせることができる。

【0036】さらに、本発明によれば、周期ナノホール構造を有する金属酸化物の外縁を、イオンビームにより加工することにより光入出射端面を作製することができる。

【0037】特に、本発明では、導波路形成にイオンビーム照射を用いたため、光の伝搬の中心部にランダムな

ホール配列が形成されることがないので、散乱の原因が解消され、それにより少ない導波損失で光を導波させる導波路を持たせることができ、また、イオンビーム加工により光学波長の平坦さを有する端面による光入射出部を形成できるので、フォトニック結晶に対して少ない損失で光を入出射させる光入出射端を持たせることができる。

【0038】従って、本発明は、微小光回路からなる光信号処理素子や光記憶素子などの光学素子への応用が期待されながら、光の導波方向の制御や、少ない導波損失の実現が困難であったフォトニック結晶素子の作製にとくに有効であると期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるフォトニック結晶素子の作製方法の実施の形態を示す模式的工程図である。

【図2】本発明によるフォトニック結晶素子の作製方法の別の実施の形態を示す模式的工程図である。

【図3】本発明の第1実施例においてアルミナ基板上に形成された周期的ナノホール構造を示す上面図(a)および断面図(b)である。

【図4】本発明の第1実施例においてアルミナ基板上に形成された周期的ナノホール構造と溝構造を示す上面図(a)および断面図(b)である。

【図5】本発明の第2実施例においてアルミナ基板上に形成された周期的ナノホール構造を示す上面図(a)および断面図(b)である。

【図6】本発明の第2実施例においてアルミナ基板上に形成された周期的ナノホール構造と端面を示す上面図(a)および断面図(b)である。

【図7】ナノホールアレイを有する酸化物基板からなるフォトニック結晶素子の作製方法を示す図であって、(a)はモールドを酸化物基板にプレスする工程を示す図、(b)は陽極酸化工程を示す図、(c)は作製されたナノホールアレイを有する酸化物基板の模式図である。

【図8】従来方法によるフォトニック結晶素子を上面から見た模式図である。

【符号の説明】

101 基板

102 モールド

103 凹凸パターン

104 周期的ナノホール構造

105 金属酸化物薄膜

106 溝

201 基板

202 モールド

203 凹凸パターン

204 周期的ナノホール構造

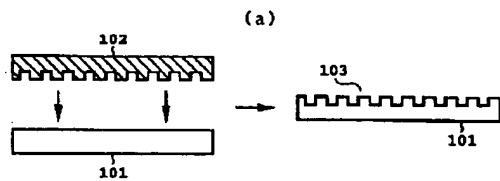
205 金属酸化物薄膜

206 外縁

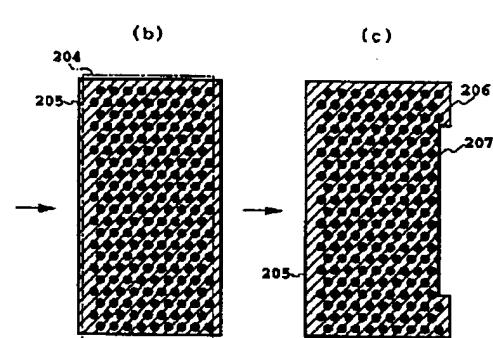
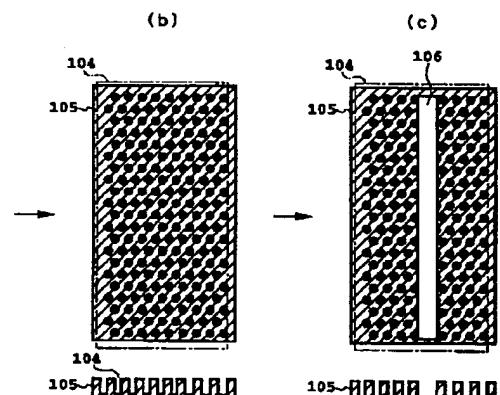
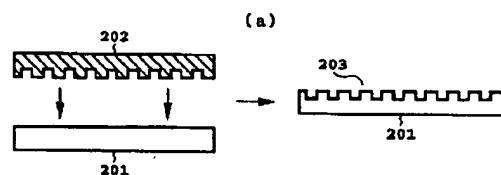
207 端面
 701 基板
 702 モールド
 703 凹凸パターンを有する基板
 704 直流電源
 705 対極

706 シュウ酸溶液
 707 ナノホールアレイ
 708 酸化部
 801 周期構造を有する部分
 802 周期構造を有しない部分
 803 光の進行方向

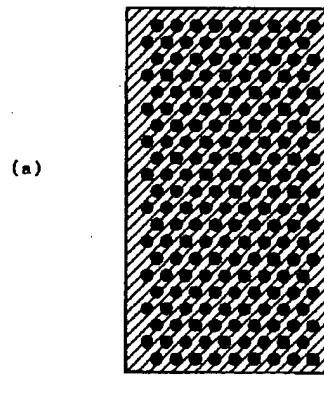
【図1】



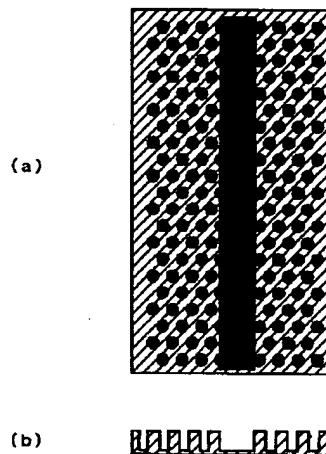
【図2】



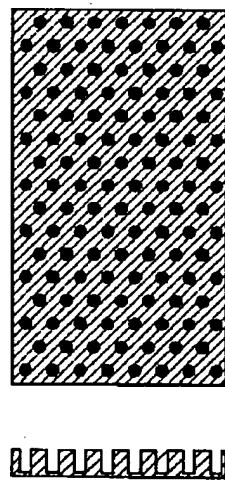
【図3】



【図4】



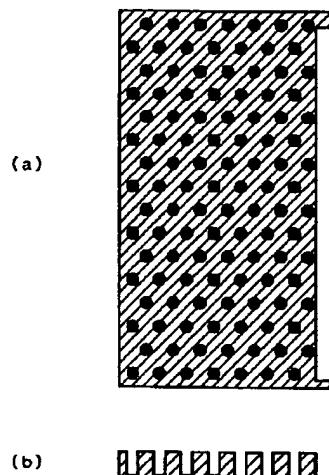
【図5】



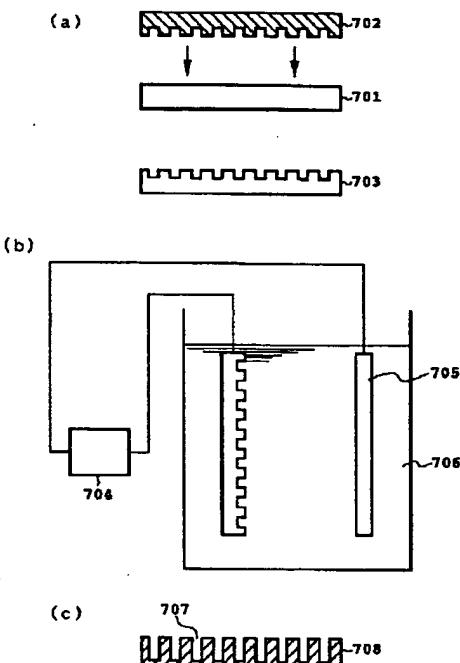
(b)

(b)

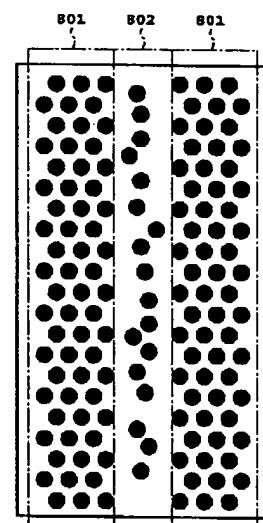
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 納富 雅也

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 中尾 正史

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 玉村 敏昭

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 益田 秀樹

東京都八王子市別所2-13-2-510
Fターム(参考) 2H047 PA22 QA04
4G077 AA03 BB01 CB05 ED04 FE15
HA01